

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **60-114824**

(43)Date of publication of application : **21.06.1985**

(51)Int. Cl. G02F 1/133

G02F 1/13

G02F 1/133

(21)Application number : **58-222620** (71)Applicant : **CANON INC**

(22)Date of filing : **25.11.1983** (72)Inventor : **KANBE JUNICHIRO**
KATAGIRI KAZUHARU
OKADA SHINJIRO

**(54) CONTROL METHOD OF ORIENTATION OF LIQUID CRYSTAL AND
ELEMENT USED BY SAID METHOD**

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

T S2/5/1

2/5/1

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

01636324 **Image available**

CONTROL METHOD OF ORIENTATION OF LIQUID CRYSTAL AND ELEMENT USED BY SAID METHOD

PUB. NO.: 60-114824 [JP 60114824 A]

PUBLISHED: June 21, 1985 (19850621)

INVENTOR(s): KANBE JUNICHIRO
 KATAGIRI KAZUHARU
 OKADA SHINJIRO

APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
 (Japan)

APPL. NO.: 58-222620 [JP 83222620]

FILED: November 25, 1983 (19831125)

INTL CLASS: [4] G02F-001/133; G02F-001/13; G02F-001/133

JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)

JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS); R011 (LIQUID CRYSTALS); R044 (CHEMISTRY --
 Photosensitive Resins); R119 (CHEMISTRY -- Heat Resistant
 Resins); R125 (CHEMISTRY -- Polycarbonate Resins)

JOURNAL: Section: P, Section No. 399, Vol. 09, No. 265, Pg. 131,
 October 23, 1985 (19851023)

ABSTRACT

PURPOSE: To form a mono-domain of liquid crystal arrayed in one direction by changing another phase to the uniaxial anisotropic phase of the liquid crystal arrayed in the parallel direction with the liquid crystal direction of the uniaxial anisotropic phase under a temperature falling condition at a position close to the phase interface between the uniaxial anisotropic phase of the liquid crystal and another phase on the high temperature side and generating the phase change continuously from the interface surface to its vertical direction.

CONSTITUTION: When the temperature of a case in which a cell 100 is set up is controlled so as to be gradually fallen under a condition applying temperature gradient by regarding a part close to a heating element as a high temperature part, a temperature at a position close to the side wall 104' of a nucleus generating member 104 is fallen lower than a phase transition temperature from an isotropic phase to smectic A (SmA) phase and the nucleus of the SmA phase is formed at the area. The nucleus of the formed SmA phase is a mono-domain orientated in the horizontal direction to the surface 109 of a substrate 101. When the temperature of the case is fallen further, the mono-domain area of the SmA phase expands continuously. When the temperature of the case reaches a prescribed temperature, the liquid crystal is transferred to the SmA phase almost in the whole area. When the temperature gradient is released, the whole is kept at a uniform temperature and the liquid crystal is transferred to a smectic C (SmC) phase.

?

⑫ 公開特許公報(A) 昭60-114824

⑤Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	⑬公開 昭和60年(1985)6月21日
G 02 F 1/133	1 1 9	7370-2H	
1/13	1 0 2	7448-2H	
1/133	1 2 1	7370-2H	審査請求 未請求 発明の数 4 (全16頁)

⑭発明の名称 液晶の配向制御法及びその方法で用いる素子

⑮特 願 昭58-222620

⑯出 願 昭58(1983)11月25日

⑰発明者	神 辺 純 一 郎	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱発明者	片 桐 一 春	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑲発明者	岡 田 伸 二 郎	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑳出願人	キャノン株式会社	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	
㉑代理人	弁理士 丸 島 儀 一		

明 細 書

1. 発明の名称

液晶の配向制御法及びその方法で用いる素子

2. 特許請求の範囲

(1) 一对の基板間で一方向に配列した液晶の一軸異方相と該相より高温側の別の相との相界面を形成し、前記相界面付近の別の相を降温下で前記一軸異方相の液晶配列方向と平行方向に配列した液晶の一軸異方相に相転移させ、該相転移を前記相界面からその垂直方向に向けて連続的に生じさせることにより、一方向に配列した液晶のモノドメインを形成することを特徴とする液晶の配向制御法。

(2) 前記相界面が直線性を有している特許請求の範囲第1項記載の液晶の配向制御法。

(3) 最初に形成される一軸異方相が液晶核の発生を促す部材(以下、前記「液晶核の発生を促す部材」を「核発生部材」という)との界面付近である特許請求の範囲第1項記載の液晶の配向制御法。

(4) 前記相転移が、核発生部材との界面付近よりその垂直方向の側を高温にした温度勾配を有する前記別の相を、かかる温度勾配下で降温することによって生じる相転移である特許請求の範囲第1項記載の液晶の配向制御法。

(5) 前記一方向に配列した液晶がスメクティックA相である特許請求の範囲第1項記載の液晶の配向制御法。

(6) 前記スメクティックA相が降温されてスメクティックC相又はH相に相転移を生じる特許請求の範囲第5項記載の液晶の配向制御法。

(7) 前記スメクティックC相又はH相がカイラルスメクティックC相又はH相である特許請求の範囲第6項記載の液晶の配向制御法。

(8) 前記カイラルスメクティックC相又はH相が非らせん構造となつて配列している特許請求の範囲第7項記載の液晶の配向制御法。

(9) 前記一軸異方相より高温側の別の相がネマティック相、コレステリック相又は等方相である特許請求の範囲第1項記載の液晶の配向制御法。

00 前記核発生部材および基板が液晶を水平方向に配列させる効果を有する特許請求の範囲第3項記載の液晶の配向制御法。

01 前記核発生部材が帯状の形状を有する部材である特許請求の範囲第3項記載の液晶の配向制御法。

02 前記帯状の形状を有する核発生部材が複数個で配置されている特許請求の範囲第11項記載の液晶の配向制御法。

03 前記核発生部材が側壁面を有する部材である特許請求の範囲第3項記載の液晶の配向制御法。

04 前記核発生部材が樹脂又は無機物質で形成されている特許請求の範囲第3項記載の液晶の配向制御法。

05 前記樹脂がポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリバラキシリレン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルアセタール、ポリ塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、ポリアミド、ポリステレン、セルロース樹脂、メラミン樹脂、ユリヤ樹脂、アク

リル樹脂およびフオトレジスト樹脂からなる樹脂群から少なくとも1種を選択した樹脂である特許請求の範囲第19項記載の液晶の配向制御素子。

06 前記発熱体が抵抗発熱体である特許請求の範囲第16項記載の液晶の配向制御素子。

07 前記発熱体が薄膜抵抗発熱体である特許請求の範囲第16項記載の液晶の配向制御素子。

08 前記薄膜抵抗発熱体が帯状の形状を有する発熱体である特許請求の範囲第22項記載の液晶の配向制御素子。

09 前記帯状の形状を有する薄膜抵抗発熱体がその中央部付近よりその端部付近の発熱量を大きくした発熱体である特許請求の範囲第23項記載の液晶の配向制御素子。

10 前記帯状の形状を有する薄膜抵抗発熱体がその端部に比べ幅広い中央部を有する発熱体である特許請求の範囲第23項記載の液晶の配向制御素子。

リル樹脂およびフオトレジスト樹脂からなる樹脂群から少なくとも1種を選択した樹脂である特許請求の範囲第14項記載の液晶の配向制御法。

09 一对の基板間に核発生部材を備えたセル構造体と該核発生部材から所定間隔をもつて配置した発熱体を有することを特徴とする液晶の配向制御素子。

10 前記核発生部材が帯状の形状を有する部材である特許請求の範囲第16項記載の液晶の配向制御素子。

11 前記帯状の形状を有する核発生部材が複数個で配置されている特許請求の範囲第17項記載の液晶の配向制御素子。

12 前記核発生部材が樹脂又は無機物質で形成されている特許請求の範囲第16項記載の液晶の配向制御素子。

13 前記樹脂がポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリバラキシリレン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルアセタール、ポリ塩化ビニル、

09 前記薄膜抵抗発熱体が前記基板の周囲に形成された帯状の形状を有する発熱体である特許請求の範囲第22項記載の液晶の配向制御素子。

10 前記一軸異方相がスメクティック相である特許請求の範囲第16項記載の液晶の配向制御素子。

11 前記スメクティック相がスメクティックA相である特許請求の範囲第27項記載の液晶の配向制御素子。

12 前記一对の基板の相対向する面に電極となる導電性薄膜が設けられている特許請求の範囲第16項記載の液晶の配向制御素子。

13 一对の基板間に核発生部材を備えたセル構造体と面状発熱体を有することを特徴とする液晶の配向制御素子。

14 前記核発生部材が帯状の形状を有する部材である特許請求の範囲第30項記載の液晶の配向制御素子。

15 前記帯状の形状を有する核発生部材が複数個で配置されている特許請求の範囲第30項記載

の液晶の配向制御素子。

(43) 前記核発生部材が樹脂又は無機物質で形成されている特許請求の範囲第30項記載の液晶の配向制御素子。

(44) 前記樹脂がポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリバラキシリレン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルアセタール、ポリ塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、ポリアミド、ポリスチレン、セルロース樹脂、メラミン樹脂、ユリヤ樹脂、アクリル樹脂およびフオトレジスト樹脂からなる樹脂群から少なくとも1種を選択した樹脂である特許請求の範囲第33項記載の液晶の配向制御素子。

(45) 前記面状発熱体が抵抗発熱体である特許請求の範囲第30項記載の液晶の配向制御素子。

(46) 前記面状発熱体が薄膜抵抗発熱体である特許請求の範囲第30項記載の液晶の配向制御素子。

(47) 前記薄膜抵抗発熱体が楔形状の発熱体である特許請求の範囲第36項記載の液晶の配向制御素子。

(48) 前記スメクティックA相が降温されてスメクティックC相又はH相に相転移を生じる特許請求の範囲第42項記載の液晶の配向制御装置。

(49) 前記スメクティックC相又はH相がカイラルスメクティックC相又はH相である特許請求の範囲第43項記載の液晶の配向制御装置。

(50) 前記カイラルスメクティックC相又はH相が非らせん構造となつて配列している特許請求の範囲第44項記載の液晶の配向制御装置。

(51) 前記一軸異方相より高温側の別の相がネマティック相、コレステリック相又は等方相である特許請求の範囲第41項記載の液晶の配向制御装置。

(52) 前記核発生部材が樹脂又は無機物質で形成されている特許請求の範囲第~~41~~⁴¹項記載の液晶の配向制御~~素子~~^{装置}。

(53) 前記樹脂がポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリバラキシリレン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルアセタール、ポリ塩化ビニル、

(54) 前記一軸異方相がスメクティック相である特許請求の範囲第30項記載の液晶の配向制御素子。

(55) 前記スメクティック相がスメクティックA相である特許請求の範囲第38項記載の液晶の配向制御素子。

(56) 前記一对の基板の対向面側に電極となる導電性薄膜が設けられている特許請求の範囲第30項記載の液晶の配向制御素子。

(57) 一对の基板間に所定温度で一軸異方相を示す化合物と核発生部材を備えたセル構造体と前記所定温度で一軸異方相を示す化合物を一軸異方相より高温側の相に相転移させる手段、該高温側の相に前記核発生部材からその垂直方向に向けて温度勾配を付与する手段および該温度勾配下で前記高温側の相を一軸異方相に相転移させる降温手段を有することを特徴とする液晶の配向制御装置。

(58) 前記一方向に配列した液晶がスメクティックA相である特許請求の範囲第41項記載の液晶の配向制御装置。

ポリ酢酸ビニル、ポリアミド、ポリスチレン、セルロース樹脂、メラミン樹脂、ユリヤ樹脂、アクリル樹脂およびフオトレジスト樹脂からなる樹脂群から少なくとも1種を選択した樹脂である特許請求の範囲第47項記載の液晶の配向制御~~素子~~^{装置}。

(59) 前記面状発熱体が抵抗発熱体である特許請求の範囲第43項記載の液晶の配向制御素子。

(60) 前記面状発熱体が薄膜抵抗発熱体である特許請求の範囲第43項記載の液晶の配向制御素子。

(61) 前記薄膜抵抗発熱体が楔形状の発熱体である特許請求の範囲第50項記載の液晶の配向制御素子。

(62) 前記一軸異方相がスメクティック相である特許請求の範囲第43項記載の液晶の配向制御素子。

(63) 前記スメクティック相がスメクティックA相である特許請求の範囲第52項記載の液晶の配向制御素子。

(64) 前記一对の基板の対向面側に電極となる導電性薄膜が設けられている特許請求の範囲第~~41~~⁴¹項記載の液晶の配向制御装置。

装置
項記載の液晶の配向制御装置。

- (例) 一对の基板間に所定温度で一軸異方相を示す化合物と核発生部材を備えたセル構造体と前記所定温度で一軸異方相を示す化合物を一軸異方相より高温側の相に相転移させる手段、該高温側の相に前記核発生部材からその垂直方向に向けて温度勾配を付与する手段および該温度勾配下で前記高温側の相を一軸異方相に相転移させる降温手段を有することを特徴とする液晶の配向制御装置。
- (例) 前記一方向に配列した液晶がスメクティックA相である特許請求の範囲第55項記載の液晶の配向制御法。
- (例) 前記スメクティックA相が降温されてスメクティックC相又はH相に相転移を生じる特許請求の範囲第56項記載の液晶の配向制御法。
- (例) 前記スメクティックC相又はH相がカイラルスメクティックC相又はH相である特許請求の範囲第57項記載の液晶の配向制御法。
- (例) 前記カイラルスメクティックC相又はH相が非らせん構造となつて配列している特許請求の

範囲第58項記載の液晶の配向制御法。

(例) 前記一軸異方相より高温側の別の相がネマティック相、コレステリック相又は等方相である特許請求の範囲第55項記載の液晶の配向制御法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、液晶表示素子や液晶—光シャッタレィ等の液晶素子を作成する際に用いる液晶の配向制御法及びその方法で用いる素子に関し、更に詳しくは液晶分子の初期配向状態を改善することにより、表示ならびに駆動特性を改善した液晶の配向制御法及びその方法で用いる素子に関するものである。

従来より、走査電極群と信号電極群をマトリクス状に構成し、その電極間に液晶化合物を充填し多数の画素を形成して、画像或いは情報の表示を行う液晶表示素子は、よく知られている。この表示素子の駆動法としては、走査電極群に順次周期的にアドレス信号を選択印加し、信号電極群には所定の情報信号をアドレス信号と同期させて並列的に選択印加する時分割駆動が採用されているが、

この表示素子及びその駆動法には以下に述べる如き致命的とも言える大きな欠点がある。

即ち、画素密度を高く、或いは画面を大きくするのが難しいことである。従来の液晶の中で応答速度が比較的高く、しかも消費電力が小さいことから、表示素子として実用に供されてるのは殆んどが、例えばM.SchadtとW.Helfrich著"Applied Physics Letters" Vo.18, No.4 (1971, 2, 15), P.127~128の"Voltage - Dependent Optical Activity of a Twisted Nematic Liquid Crystal"に示されたTN(twisted nematic)型の液晶を用いたものであり、この型の液晶は、無電界状態で正の誘電異方性をもつネマチック液晶の分子が液晶層厚方向でねじれた構造(ヘリカル構造)を形成し、両電極面でこの液晶の分子が平行に配列した構造を形成している。一方、電界印加状態では、正の誘電異方性をもつネマチック液晶が電界方向に配列し、この結果光学変調を起すことができる。この型の液晶を用いてマトリクス電極構造によつて表示素子を構成した場合、走査電極と信号電極

が共に選択される領域(選択点)には、液晶分子を電極面に垂直に配列させるに要する閾値以上の電圧が印加され、走査電極と信号電極が共に選択されない領域(非選択点)には電圧は印加されず、したがって液晶分子は電極面に対して並行な安定配列を保っている。このような液晶セルの上下に互いにクロスニコル関係にある直線偏光子を配設することにより、選択点では光が透過せず、非選択点では光が透過するため、画像素子とすることが可能となる。然し乍ら、マトリクス電極構造を構成した場合には、走査電極が選択され、信号電極が選択されない領域、或いは走査電極が選択されず、信号電極が選択される領域(所謂"半選択点")にも有限に電界がかかってしまう。選択点にかかる電圧と、半選択点にかかる電圧の差が十分に大きく、液晶分子を電界に垂直に配列させるのに要する電圧閾値がこの中間の電圧値に設定されるならば、表示素子は正常に動作するわけであるが、走査線数(N)を増やして行った場合、画面全体(1フレーム)を走査する間に一つの選択

点に有効な電界がかかっている時間 (duty 比) が $1/N$ の割合で減少してしまう。このために、くり返し走査を行った場合の選択点と非選択点にかかる実効値としての電圧差は、走査線数が増えれば増える程小さくなり、結果的には画像コントラストの低下やクロストークが避け難い欠点となっている。このような現象は、双安定性を有さない液晶 (電極面に対し、液晶分子が水平に配向しているのが安定状態であり、電界が有効に印加されている間のみ垂直に配向する) を時間的蓄積効果を利用して駆動する (即ち、繰り返し走査する) ときに生ずる本質的には避け難い問題点である。この点を改良するために、電圧平均化法、2 周波駆動法や、多重マトリクス法等が既に提案されているが、いずれの方法でも不十分であり、表示素子の大画面化や高密度化は、走査線数が充分に増やせないことによって頭打ちになっているのが現状である。

一方、プリンタ分野を眺めて見るに、電気信号を入力としてハードコピーを得る手段として、画

素密度の点からもスピードの点からも電気画像信号を光の形で電子写真感光体に与えるレーザービームプリンタ (LBP) が現在最も優れている。ところが LBP には、

1. プリンタとしての装置が大型になる;
2. ポリゴンスキャナの様な高速の駆動部分があり騒音が発生し、また厳しい機械的精度が要求される; など

の欠点がある。この様な欠点を解消すべく電気信号を光信号に変換する素子として、液晶シャッターアレイが提案されている。ところが、液晶シャッターアレイを用いて画素信号を与える場合、たとえば 210 mm の長さの中に画素信号を 16 dot/mm の割合で書き込むためには、 3000 個以上の信号発生部を有していなければならない、それぞれに独立した信号を与えるためには、元来それぞれの信号発生部全てに信号を送るリード線を配線しなければならず、製作上困難であった。

そのため、1 LINE (ライン) 分の画素信号を数行に分割された信号発生部により、時分割して

与える試みがなされている。この様にすれば、信号を与える電極を、複数の信号発生部に対して共通にすることができ、実質配線を大幅に軽減することができるからである。ところが、この場合通常行われているように双安定性を有さない液晶を用いて行数 (N) を増して行くと、信号 ON の時間が実質的に $1/N$ となり感光体上で得られる光量が減少してしまったり、クロストークの問題が生ずるという難点がある。

このような従来型の液晶素子の欠点を改善するものとして、双安定性を有する液晶素子の使用が、Clark および Lagerwall により提案されている (特開昭 56-107216 号公報、米国特許第 4367924 号明細書等)。双安定性を有する液晶としては、一般に、カイラルスメクティック C 相 (SmC^*) 又は H 相 (SmH^*) を有する強誘電性液晶が用いられる。この液晶は電界に対して第 1 の光学的安定状態と第 2 の光学的安定状態からなる双安定状態を有し、従って前述の TN 型の液晶で用いられた光学変調素子とは異なり、例えば一方

の電界ベクトルに対して第 1 の光学的安定状態に液晶が配向し、他方の電界ベクトルに対しては第 2 の光学的安定状態に液晶が配向される。またこの型の液晶は、加えられる電界に応答して、極めて速やかに上記 2 つの安定状態のいずれかを取り、且つ電界の印加のないときはその状態を維持する性質を有する。このような性質を利用することにより、上述した従来の TN 型素子の問題点の多くに対して、かなり本質的な改善が得られる。この点は、本発明と関連して、以下に、更に詳細に説明する。しかしながら、この双安定性を有する液晶を用いる光学変調素子が所定の駆動特性を発揮するためには、一對の平行基板間に配置される液晶が、電界の印加状態とは無関係に、上記 2 つの安定状態の間での変換が効果的に起るような分子配列状態にあることが必要である。たとえば SmC^* または SmH^* 相を有する強誘電性液晶については、 SmC^* または SmH^* 相を有する液晶分子層が基板面に対して垂直で、したがって液晶分子軸が基板面にはほぼ平行に配列した領域 (モノドメイン) が

形成される必要がある。しかしながら、従来の双安定性を有する液晶を用いる光学変調素子においては、このようなモノドメイン構造を有する液晶の配向状態が、必ずしも満足に形成されなかったために、充分な特性が得られなかったのが実情である。

たとえば、このような配向状態を与えるために、磁界を印加する方法、せん断力を印加する方法、などが提案されている。しかしながら、これらは、いずれも必ずしも満足すべき結果を与えるものではなかった。たとえば、磁界を印加する方法は、大規模な装置を要求するとともに作動特性の良好な薄層セルとは両立しがたいという難点があり、また、せん断力を印加する方法は、セルを作成後に液晶を注入する方法と両立しないという難点がある。

ところで、前述の如きTN型の液晶を用いた素子では、液晶分子のモノドメインを基板面に平行な状態で形成する方法として例えば基板面を布の如きもので摺擦する(ラビング)方法やSiOを斜

め蒸着する方法等が用いられている。例えばラビングを施された基板面に接する液晶に対しては方向性が付与され、液晶分子はその方向に従って優先して配列するのが最もエネルギーの低い(即ち安定な)状態となる。この様なラビング処理面には、液晶分子を一方向に優先して配列させる効果が付与されている。この配向効果が付与された平面をもつ構造体は、例えば、W.HelfrichとM.Schadtのカナダ特許1010136号公報等にて示されている。このラビング法により配向効果を形成する方法のほか、基板の上にSiOやSiO₂を斜め蒸着して形成した平面をもつ構造体を用い、このSiO又はSiO₂の一軸的異方性を有する平面が液晶分子を一方向に優先して配向させる効果を有している。

このように、液晶素子を作成する上で、ラビング法や斜め蒸着法による配向制御法は、好ましい方法の1つであるが、双安定性を有する液晶に対して、これらの方法により配向制御を施すと、液晶を一方向のみに優先して配向させる壁効果を

有する平面が形成され、それが、電界に対する双安定性、高速応答性やモノドメイン形成性を阻害する欠点がある。

本発明の主要な目的は、上述した事情に鑑み、高速応答性、高密度画素と大面積を有する表示素子、あるいは高速度のシャッタースピードを有する光学シャッター等として潜在的な適性を有する双安定性を有する液晶を使用する光学変調素子において、従来問題であったモノドメイン形成性ないしは初期配向性を改善することにより、その特性を充分に発揮させ得る液晶の配向制御法を提供することにある。

本発明者らは上述の目的で更に研究した結果、とくに液晶材料が別の相(例えば等方相等の高温状態)より一軸性異方相(例えばSmA等の低温状態)へ移行する降温過程に於ける配向性に着目したところ、別の相(高温相)より、一軸性異方相へ相転移する場合、別の相領域と上記一軸性異方相領域との空間的相界面に於て、新たに相転移して生成する一軸性異方相の分子軸は、既に形成さ

れていた一軸性異方相の液晶分子配向方向と平行に配向し、しかも、上記一軸性異方相領域の生長する方向と、液晶分子の配向方向を直交関係とする場合、極めて安定にモノドメイン一軸性異方相が生長することが判明した。さらに、本発明者らは水平配向性を有する側壁面を有する構造体を核発生物材(一軸異方相の液晶核の発生を促す部材を意味する)として配設することにより、最初の一軸性異方相の核を液晶分子が核発生物材と平行に配向したモノドメインの一軸異方相として形成することが可能となり、この結果液晶の双安定性に基づく素子の作動特性と液晶層のモノドメイン性も両立し得る構造の液晶素子が得られることを見い出した。

本発明は前述の知見に基づくものであり、すなわち本発明による液晶の配向制御法は、前述の知見に基づいてなしたもので、^{一対の基板間で}すなわち一方向に配列した液晶の一軸異方相と該相より高温側の別の相との相界面を形成し、前記相界面付近の別の相を降温下で前記一軸異方相の液晶配列方向と平行

方向に配列した液晶の一軸異方相に相変化させ、該相変化を前記相界面からその垂直方向に向けて連続的に生じさせることにより、一方向に配列した液晶のモノドメインを形成する液晶の配向制御法に特徴を有している。

以下、必要に応じて図面を参照しつつ、本発明を更に詳細に説明する。

本発明で用いる液晶材料として、とくに適したものは、双安定性を有する液晶であって強誘電性を有するものであって、具体的にはカイラルスメクティックC相(SmC*)又はH相(SmH*)を有する液晶を用いることができる。

強誘電性液晶の詳細については、たとえば LE JOURNAL DE PHYSIQUE LETTERS " 36 (L-69) 1975, 「Ferroelectric Liquid Crystals」; "Applied Physics Letters" 36 (L-69) 1975, 「Ferroelectric Liquid Crystals」; "Applied Physics Letters" 36 (11) 1980, 「Submicro Second Bistable Electrooptic Switching in Liquid Crystals」;

子層12がガラス面に垂直になるよう配向したSmC*相又はSmH*相の液晶が封入されている。太線で示した線13が液晶分子を表わしており、この液晶分子13はその分子に直交した方向に双極子モーメント($P \perp$)14を有している。基板11と11'上の電極間に一定の閾値以上の電圧を印加すると、液晶分子13のらせん構造がほどけ、双極子モーメント($P \perp$)14がすべて電界方向に向くよう、液晶分子13は配向方向を変えることができる。液晶分子13は、細長い形状を有しており、その長軸方向と短軸方向で屈折率異方性を示し、従って例えばガラス面の上下に互いにクロスニコルの偏光子を置けば、電圧印加極性によって光学特性が変わる液晶光学変調素子となることは、容易に理解される。

本発明の液晶素子で好ましく用いられる液晶セルは、その厚さを十分に薄く(例えば10 μ 以下)することができる。このように液晶層が薄くなるにしたがい、第2図に示すように電界を印加していない状態でも液晶分子のらせん構造がほどけ、

"固体物理" 16(141) 1981「液晶」等に記載されており、本発明ではこれらに開示された強誘電性液晶を用いることができる。

強誘電性液晶化合物の具体例としては、デシロキシベンジリデン-p'-アミノ-2-メチルブチルシンナメート(DOBAMBC)、ヘキシルオキシベンジリデン-p'-アミノ-2-クロロプロピルシンナメート(HOBACPC)、4-0-(2-メチル)-ブチルレゾルシリデン-4'-オクタニルアニリン(MBRA8)が挙げられる。

これらの材料を用いて素子を構成する場合、液晶化合物がSmC*相又はSmH*相となるような温度状態に保持する為、必要に応じて素子をヒーターが埋め込まれた銅ブロック等により支持することができる。

第1図は、強誘電性液晶の動作説明のために、セルの例を模式的に描いたものである。11と、11'は、In₂O₃、SnO₂あるいはITO(Indium-Tin Oxide)等の薄膜からなる透明電極で被覆された基板(ガラス板)であり、その間に液晶分

非らせん構造となり、その双極子モーメントPまたはP'は上向き(24)又は下向き(24')のどちらかの状態をとる。このようなセルに、第2図に示す如く一定の閾値以上の極性の異なる電界E又はE'を電圧印加手段21と21'により付与すると、双極子モーメントは、電界E又はE'の電界ベクトルに対応して上向き24又は下向き24'と向きを変え、それに応じて液晶分子は、第1の安定状態23かあるいは第2の安定状態23'の何れか一方に配向する。

このような強誘電性を液晶素子として用いることの利点は、先にも述べたが2つある。その第1は、応答速度が極めて速いことであり、第2は液晶分子の配向が双安定性を有することである。第2の点を、例えば第2図によって更に説明すると、電界Eを印加すると液晶分子は第1の安定状態23に配向するが、この状態は電界を切っても安定である。又、逆向きの電界E'を印加すると、液晶分子は第2の安定状態23'に配向してその分子の向きを変えるが、やはり電界を切っても

この状態に留っている。又、与える電界Eが一定の閾値を越えない限り、それぞれの配向状態にやはり維持されている。このような応答速度の速さと、双安定性が有効に実現されるにはセルとしては出来るだけ薄い方が好ましい。

この様な強誘電性を有する液晶で素子を形成するに当たって最も問題となるのは、先にも述べたように、SmC*相又はSmH*を有する層が基板面に対して垂直に配列し且つ液晶分子が基板面に略平行に配向した、モノドメイン性の高いセルを形成することが困難なことであり、この点に解決を与えることが本発明の主要な目的である。

第3図(A)は、本発明の液晶配向制御法によって得た液晶素子の一実施例に関する部分的な平面図であり、第3図(B)は、そのA-A'断面図である。いずれもセル構造をわかり易くするため、正確な縮尺度の図とはなっていない。本例では、プリント用シャッターアレーの構成例が示されて、第3図で示す液晶セル100は、ガラス板又はプラスチック板などからなる一対の基板101と

101'をスペーサ(図示せず)で所定の間隔に保持され、この一対の基板を接着剤106で接着したセル構造を有しており、さらに基板101の上には複数の透明電極102からなる電極群(例えば、マトリクス電極構造のうちの走査電圧印加用電極群)が例えば帯状パターンなどの所定パターンで形成されている。基板101'の上には前述の透明電極102と交差させた複数の透明電極102'からなる電極群(例えば、マトリクス電極構造のうちの信号電圧印加用電極群)が例えば図示する如くリード107'でチドリ状に接続されたセグメントパターンで形成されている。透明電極102はリード107と、透明電極102'はリード107'にそれぞれ接続されて、外部回路からの信号がそれぞれのリード107と107'の端子に入力される。

この様な基板101と101'には、例えば、一酸化硅素、二酸化硅素、酸化アルミニウム、ジルコニア、フッ化マグネシウム、酸化セリウム、フッ化セリウム、シリコン窒化物、シリコン炭化物、

ホウ素窒化物、ポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリパラキシレリン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルアセタール、ポリ塩化ビニル、ポリアミド、ポリスチレン、セルローズ樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂やアクリル樹脂などを用いて被膜形成した絶縁膜(図示せず)を設けることができる。この絶縁膜は、液晶層103に微量に含有される不純物等のために生ずる電流の発生を防止できる利点をも有しており、従って動作を繰り返して行なっても液晶化合物を劣化させることがない。

この具体例におけるセル構造は、前述した様な所定温度で強誘電性を示す液晶層103と核発生部材104およびヒータなどの発熱体105を備えている。

核発生部材104は、例えばポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリパラキシレリン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルアセタール、ポリ

塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、ポリアミド、ポリスチレン、セルローズ樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂やアクリル樹脂などの樹脂類又はSiO、SiO₂又はTiO₂などの無機化合物などによって被膜形成した後、通常のフォトリソグラフィ法により帯状の形状で形成される。又、この核発生部材104は基板101又は101'と同一の材料で形成することも可能である。

又、発熱体105としては例えば酸化インジウム、酸化錫やITO(Indium Tin Oxide)などの薄膜抵抗体を用いることが適している。

この様な液晶セル100は、基板101と101'の両側にはクロスニコル状態又はパラレルニコル状態とした偏光子108と108'がそれぞれ配向されて、電極102と102'の間に電圧を印加した時に光学変調を生じることになる。

第3図に示す液晶セル100についての更に具体的な例を示すと、例えば透明電極102は幅を62.5 μmとした帯状の走査電極群とし、一方透明電極102'は一面素を形成し、62.5 μm ×

6 2.5 μm の信号電極群とすることができる。又、発熱体 105 は平均幅 0.6 μm 、膜厚 1000 \AA の ITO 薄膜とし、液晶層 103 は約 2 μm 程度保持されていることが好ましい。

この様な液晶セル 100 は、加熱ケース（図示せず）に収容し、上下に互いに直交する偏光子 108 と 108' を配置して、これを電子写真プリンタ用液晶シャッターアレーとして動作させることができる。この場合、第 3 図 (A) の矢印 B が電子写真感光ドラムの回転方向となる。

核発生部材 104 は、例えば基板 101 の上にポリイミド形成溶液（日立化成工業（株）製の「PIQ」；不揮発分濃度 14.5 wt %）を 3000 rpm で回転するスピナー塗布機で 10 秒間塗布し、120℃で 30 分間加熱を行なって 2 μ の被膜を形成した。次いで、ポジ型レジスト溶液（Shipley 社製の「AZ1350」）をスピナー塗布し、ブリークした。このレジスト層上にマスク幅 0.5 μm の帯状マスクを用いて露光した。次いでテトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド含有の現

像液「MF312」で現像することにより、露光部分のレジスト膜とその下層のポリイミド膜のエッチングを行ないスルーホールを形成させ、水洗、乾燥を行なった後、メチルエチルケトンを用いて未露光部のレジスト膜を除去した。しかる後、200℃で 60 分間、350℃で 30 分間の加熱により硬化を行ない、PIQ（ポリイミド）の核発生部材を形成することができる。

以下、所定温度で強誘電特性を示す液晶材料 DOBAMBC の場合を例にとり、液晶層 103 の配向制御法について第 3 図を用いて具体的に説明する。

まず、DOBAMBC が封入されている液晶セル 100 は、セル全体が均一に加熱されるような加熱ケース（図示されていない）内にセットされる。次に、セルの平均的温度が例えば 90℃となるよう加熱ケースの温度をコントロールする。このとき DOBAMBC は、液晶相として、SmC* 相もしくは、Sma 相状態となっている。ここで、発熱体（ヒータ）105 に電流を流し、次第に電流値を

上げて行くと、まず発熱体 105 のごく近傍のみが Sma \rightarrow 等方相の転移温度である約 118℃を越え、等方相即ち、液相状態に相転移を生じる。さらに、電流を増大させて行くと、等方相領域が発熱体 105 とほぼ平行状態を保ち乍ら核発生部材 104 の側壁面 104' に向かって広がって行き、やがて全液晶層 103 が等方相となる。

この状態では、液晶セル 100 の長手方向（第 3 図 (A) の C 方向）での温度が均一であり、短手方向（第 3 図 (A) の B 方向）で、核発生部材 104 から発熱体 105 の方向へ次第に温度が高くなるような温度勾配が形成されている。例えば、核発生部材 104 の側壁面 104' の近傍を例えば約 120℃とし、それより約 1.5 μm 離れた発熱体 105 の近傍を例えば約 140℃とすることによって温度勾配を形成する。

次に、セル 100 に前述の温度勾配を付与した状態でセル 100 がセットされているケースの温度を 90℃より、例えば 10℃/h の割合で徐々に温度を下げるようコントロールすると、第 3 図

(B) に於て、まず核発生部材 104 の側壁面 104' の近傍における温度が等方相 \rightarrow Sma 相転移温度（約 111.6℃）より低くなり、この領域において Sma 相の核が形成される。このとき、核発生部材 104 の側壁面 104' 及び基板 101 の面 109 は何れも液晶分子を水平方向に配向させる効果を有しているため、側壁面 104' の近傍で Sma 相が形成されるとき、液晶分子軸が基板 101 の面（109）内で、かつ側壁面 104' の長手方向に平行な配列を生ずるような強制力を受け、従って形成された Sma 相の核は、側壁面 104' と基板 101 の面 109 に対して水平方向配向したモノドメインとなっている。さらにケースの温度を下げて行くと、既に形成されている Sma と等方相との相界面付近における等方相がその相界面付近の Sma の配列方向と平行方向になる様な Sma に相転移を生じ、この結果温度勾配下で降温を続けると、Sma 相のモノドメイン領域が連続的に広がって行く。このとき、Sma 相のモノドメイン領域と等方相領域との相界面の成

長速度は、液晶セル100の長手方向(第3図Aの矢印C方向)に亘って同一速度になっていることが望ましい。ケースの温度が例えば70℃程度となると、発熱体105の近傍を除いては、液晶は、ほぼ全域がSmA相に相転移する。

次いで、発熱体105に流している電流を徐々に下げて、温度勾配を解除すると、液晶セル100の温度は、全体が均一に70℃となり、液晶はSmC*相に相転移する。このとき、発熱体105の近傍における液晶の分子配列がランダム状態となることがあるが、電極102と102'が形成されている領域に於ては、均一なモノドメインとなっている。

以上述べた液晶の配向方法に於て、重要な点は、第3図(A)におけるB方向にはできるだけ大きな温度勾配を与えることが望ましいが、C方向に関しては、温度が均一となっていることである。この点を第4図(A)~(D)を用いて説明する。すなわち、第4図(A)は、発熱体105を帯状形状にして素子を形成し、この素子に前述の如き

方法でSmA相を形成する時の徐冷による降温過程でのSmA相領域の成長過程を模式的に示している。

図中、201はSmA相領域202と等方相領域203の相界面を表わしている。発熱体105が図示する如く均一幅の直線の形状の時には、ケース(図示せず)に液晶セル100がセットされていると、ケースに特別の工夫がない限り、液晶セル100の長手方向においてその中央部Dに比べ端部Eの方で温度が低くなるために、相界面201は中央部Dの付近では核発生源材104の側壁面104'にほぼ平行に成長するが、その端部Eでは図示する如く傾きをもって成長することになる。第4図(A)で示す端部Eの領域と中央部Dの領域における液晶分子の配列状態をそれぞれ第4図(B)と第4図(C)模式的に示す。

第4図(B)に示す如く、端部Eの領域におけるSmA相202は、液晶分子長軸方向202'を示している。同図よりわかるように、側壁面104'と相界面201が平行状態より大きく傾いている

場合(傾き角 θ_1 とする)には、液晶分子202'の配向方向は側壁面104'と平行とはならず、角度 θ_2 だけ傾いてしまう($\theta_2 \neq \theta_1$)。これは、相界面201の近傍において、SmA相が成長していくとき、液晶分子202は、SmA相の成長方向と垂直な方向に配向する傾向があるためと推測される。さらに、相界面201の傾き角 θ_1 が急激に変化する領域では、液晶分子が整合することができず、配向方向の大きく異なる別のドメインに別かれ、204に示すような欠陥ラインが出現する。一方、第4図(C)に示すように、中央部Dの領域におけるSmA相202は、側壁面104'と相界面201が略平行方向の液晶分子軸方向202'となり、液晶分子はやはり平行で均一なモノドメインのSmA相202が形成される。

第4図(D)は、以上の点に鑑みて改良された発熱体105の形状を示すものである。図に示すように発熱体105の端部に於てヒータパターン幅を狭くすることにより、その端部に於ける発熱体の抵抗値を上げ、その端部での発熱量を上げ

ることによって、液晶セル100における長手方向での温度を均一化することができる。このため、SmA相202と等方相203との相界面201は側壁面201と平行となり、全体として均一なモノドメインが得られる。

さて、以上述べた工程によって配向は完成されるわけであるが、モノドメインが一見均一に完全されているようでも、実際には電極102-102'間に電圧を印加して、液晶光学変調素子としてのスイッチング特性を調べてみると、光学的コントラストや応答速度の領域による不均一性が生ずる場合がある。このような現象は、配向時に設定された温度勾配による構造的なひずみによるものと思われる。これに対しては、配向工程終了後、一担ケースの温度を上昇させ、液晶をSmC*相よりSmA相に一担相転移させ、その後再びSmC*状態へとケースの温度を徐々に下げて行くことにより、構造緩和によって前述の如きひずみが解消される効果がある。

第5図には、配向工程中に於ける温度勾配形成

時に液晶セル100端部の温度が中央部に比較し低くなることを防止するための別の発熱体の実施例を示す。発熱体105は、液晶セル100の端部を加熱させる発熱体301、302を用いることにより、前述の如き端部における温度低下を補正することができる。この様に液晶セル100の周囲に亘って発熱体105、301と302を設けることにより、SmA相の均一なモノドメインが形成される。

第6図は、本発明に基づく別の実施例を示したものであり、基板101の裏側に発熱体105'を別途設けている。発熱体105'は液晶セル100全体を加熱するものであって、たとえば、液晶光学変調素子として実際に使用した場合、何らかのトラブルで液晶の配向に乱れを生じた場合に、発熱体105と共用することにより、所定の工程を踏んで再配向させることが可能である。この発熱体105'は、基板101'の裏側にも設けることが勿論可能である。すなわち、前述の如き方法で形成されたSmC*相を一担発熱体105'を加熱して

液晶セル100全体をSmA相に相転移し、その後SmC*相まで徐冷させて再び均一なモノドメインを形成することができる。

第7図に示す液晶セル100は、前述の発熱体105のかわりに基板101'の外側にITOやNi-Cr合金薄膜で形成した発熱体110を設けた具体例を表わしている。この発熱体110の形状としては、前述の第4図(D)あるいは第5図に示す形状のものとすることが好ましい。

又、第8図に示す液晶セル100は、前述の発熱体105のかわりに厚さに勾配を設けた楔形状のITOやNi-Cr薄膜で形成した発熱体111を設けた具体例を表わしている。

この液晶セル100の長手方向(紙面に垂直方向)に一定電圧を印加すると、核発生物材104の側壁面104'の近傍より、その垂直方向に向けて温度が高くなるような温度勾配が形成される。この際、発熱体111と電極102の間には、ポリイミド等の有機絶縁膜あるいはSiO₂等の無機絶縁膜112を設けておくことが望ましい。

本発明の液晶素子を形成するにあたり、液晶層の厚さを所定の値に制御するために、スペーサを用いることができる。第9図は、そのようなスペーサ構造を有する本発明液晶素子の構成例が示されている。すなわち、第9図に示す液晶素子は、透明導電パターンを有する電極102を有する基板101と、この基板101と対向させて配置させた基板101'の間にスペーサ部材113が形成され、これにより基板101と101'の間に配置される液晶103の膜厚の均一性を安定なものとすることができる。スペーサ部材113は、電気絶縁性物質を何れか一方の基板の上に所定の膜厚で塗布した後、フォトリソグラフィ技術によって図示する如くの形状で形成することによって得られる。

この液晶素子を作成するに当って、前述の如き方法で発熱体105を加熱することによって温度勾配が付与されているDOBMBCの等方相としてから、かかる温度勾配を保持した状態で降温させると、核発生物材104の側壁面104'からSmA相

のモノドメインがスペーサ113の側壁面113'に向けて成長し、さらに該スペーサ113のもう一方の側壁面113''が前述の側壁面104'と同様に液晶の核発生效果をもつことができ、従ってこの側壁面113''から同様にSmAのモノドメインが成長する。このスペーサ113は、前述の核発生物材104と同一の物質を用いてフォトリソ工程中で同時に帯状形状をもって複数個で作成することができる。

第10図～第12図は、本発明の液晶素子の駆動例を示している。

第10図は、中間に強誘電性液晶化合物が挟まれたマトリクス電極構造を有するセル41の模式図である。42は走査電極群であり、43は信号電極群である。第11図(a)と(b)は、それぞれ選択された走査電極42(a)に与えられる電気信号とそれ以外の走査電極(選択されない走査電極)42(n)に与えられる電気信号を示し、第6図(c)と(d)はそれぞれ選択された信号電極43(b)に与えられる電気信号と選択され

ない信号電極43(n)に与えられる電気信号を表わす。第11図(a)~(d)においては、それぞれ横軸が時間を、縦軸が電圧を表わす。例えば、動画を表示するような場合には、走査電極群42は逐次、周期的に選択される。今、双安定性を有する液晶セルの第1の安定状態を与えるため閾値電圧を V_{th1} とし、第2の安定状態を与えるための閾値電圧を $-V_{th2}$ とすると、選択された走査電極42(s)に与えられる電気信号は、第11図(a)に示される如く、位相(時間) t_1 では V を、位相(時間) t_2 では $-V$ となるような交番する電圧である。又、それ以外の走査電極42(n)は、第11図(b)に示す如くアース状態となっており、電気信号0である。一方、選択された信号電極43(s)に与えられる電気信号は第11図(c)に示される如く V であり、又選択されない信号電極43(n)に与えられる電気信号は第11図(d)に示される如く $-V$ である。以上に於て、電圧 V は

$$V < V_{th1} < 2V \text{ と } -V > -V_{th2} > -2V$$

れたときの信号状態に対応した配向を、そのまま保持している。即ち、走査電極が選択されたときにそのライン分の信号の書き込みが行われ、一フレームが終了して次回選択されるまでの間は、その信号状態を保持し得るわけである。従って、走査電極数が増えても、実質的なデューティ比はかわらず、コントラストの低下とクロストーク等は全く生じない。この際、電圧値 V の値及び位相(t_1, t_2) $=T$ の値としては、用いられる液晶材料やセルの厚さにも依存するが、通常3ボルト~70ボルトで $0.1 \mu\text{sec} \sim 2 \text{ msec}$ の範囲が用いられる。従って、この場合では選択された走査電極に与えられる電気信号が第1の安定状態(光信号に変換されたとき「明」状態であるとする)から第2の安定状態(光信号に変換されたとき「暗」状態であるとする)へ、又はその逆のいずれの変化をも起すことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は、本発明で用いる液晶セルを表わす斜視図である。第3図(A)は、本発

明を満足する所望の値に設定される。このような電気信号が与えられたときの各画素に印加される電圧波形を第12図に示す。第12図(a)~(d)は、それぞれ第10図中の画素A、B、CおよびDと対応している。すなわち第12図より明らかな如く、選択された走査線上にある画素Aでは、位相 t_1 に於て閾値 V_{th1} を越える電圧 $2V$ が印加される。又同一走査線上に存在する画素Bでは位相 t_2 で閾値 $-V_{th2}$ を越える電圧 $-2V$ が印加される。従って、選択された走査電極線上に於て信号電極が選択されたか否かに応じて、選択された場合には液晶分子は第1の安定状態に配向を揃え、選択されない場合には第2の安定状態に配向を揃える。いずれにしても各画素の前歴には、関係することはない。

一方、画素CとDに示される如く、選択されない走査線上では、すべての画素CとDに印加される電圧は $+V$ 又は $-V$ であつて、いずれも閾値電圧を越えない。従って、各画素CとDにおける液晶分子は、配向状態を変えることなく前回走査さ

明で用いる液晶素子の平面図で、第3図(B)はそのA-A'断面図である。第4図(A)、第4図(B)および第4図(C)は液晶の成長過程を模式的に表わす平面図である。第4図(D)は、本発明で用いる液晶セルの別の態様を表わす平面図である。第5図は、本発明で用いる液晶セルの他の態様を表わす平面図である。第6図、第7図、第8図および第9図は、本発明の液晶セルの好ましい態様を表わす断面図である。

~~本発明の光学変調素子を模式的に示す斜視図である。~~

第10図は、本発明で用いる光学変調素子の電極構造を模式的に示す平面図である。第11図(a)~(d)は、本発明の光学変調素子を駆動するための信号を示す説明図である。第12図(a)~(d)は、各画素に印加される電圧波形を示す説明図である。

100 ; 液晶セル

101, 101' ; 基板

102, 102' ; 電極

103 ; 液晶層

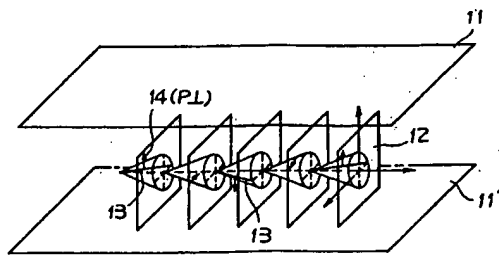
- 104 : 核発生部材
 104' : 核発生部材の側壁面
 105、105'、301、302、110、
 111 : 発熱体
 106 : 接着剤
 107、107'、107'' : リード線
 108、108' : 偏光子
 109 : 基板101の面
 112 : 絶縁膜
 113 : スペース部材

特許出願人 キヤノン株式会社

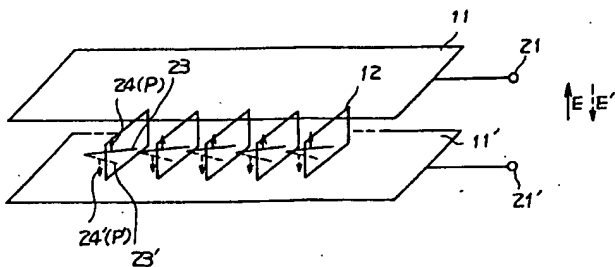
代理人 弁理士 丸島 徹



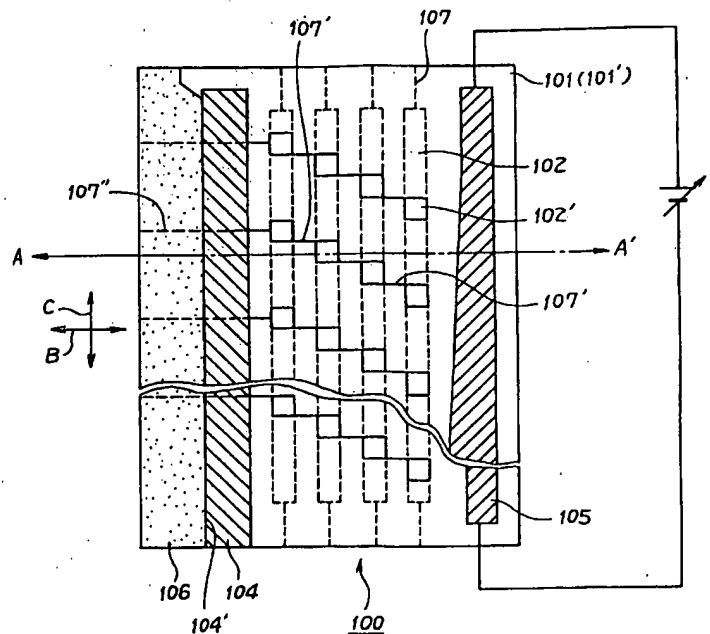
第1図



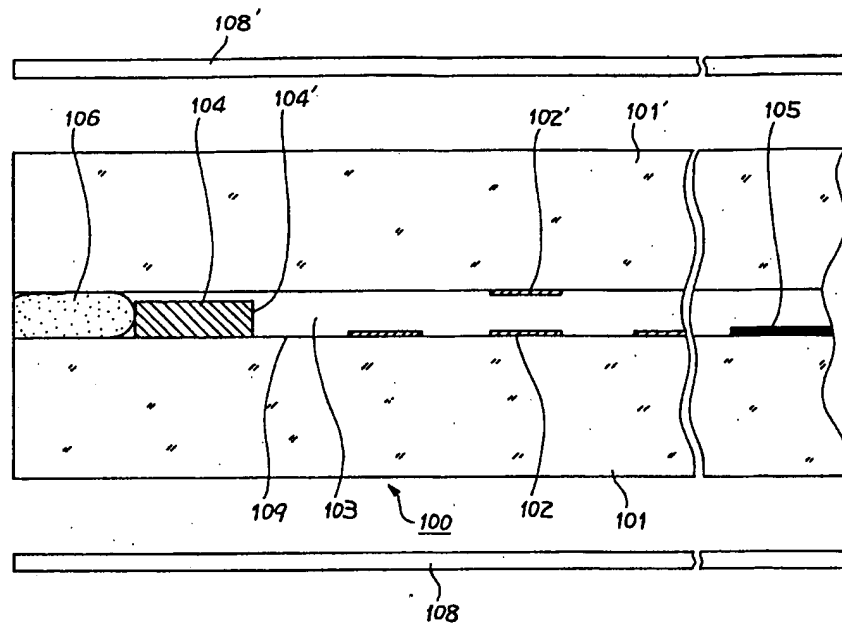
第2図



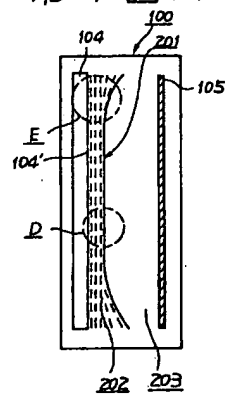
第3図(A)



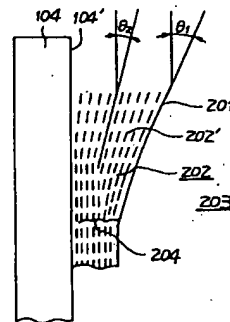
第3図(B)



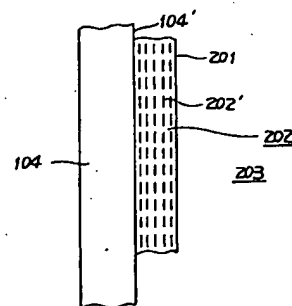
第4図(A)



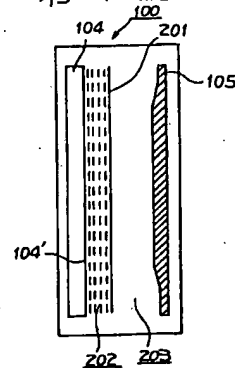
第4図(B)



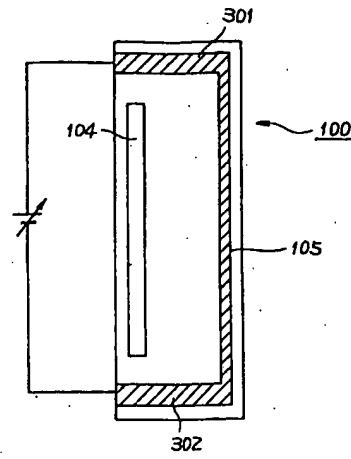
第4図(C)



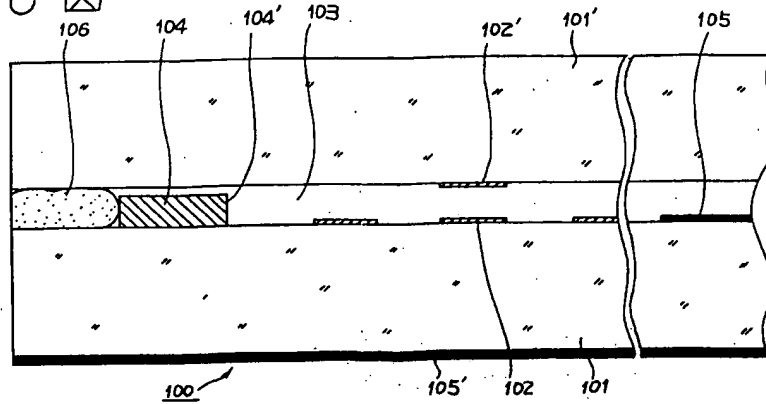
第4図(D)



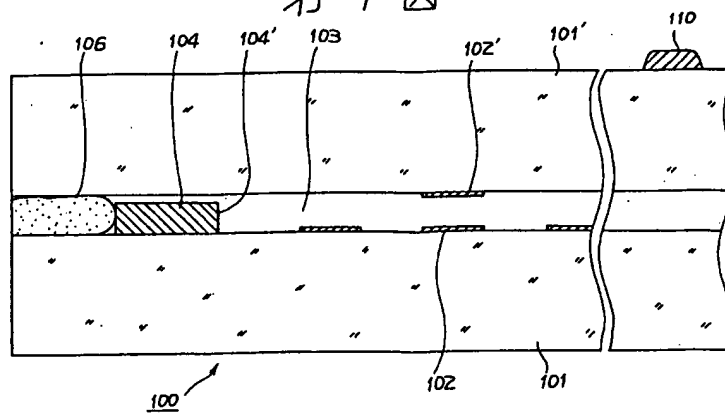
第5図



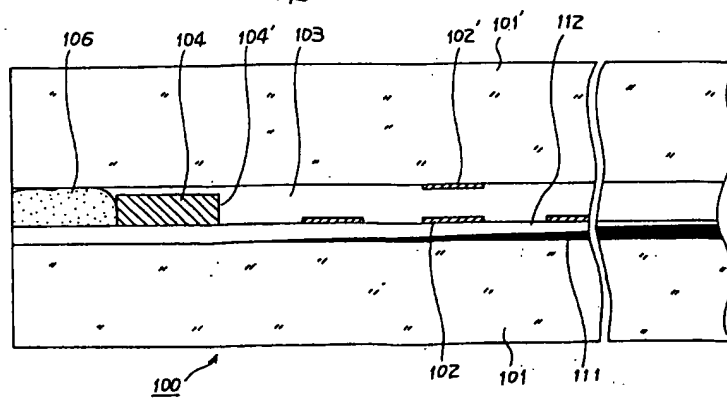
第6図



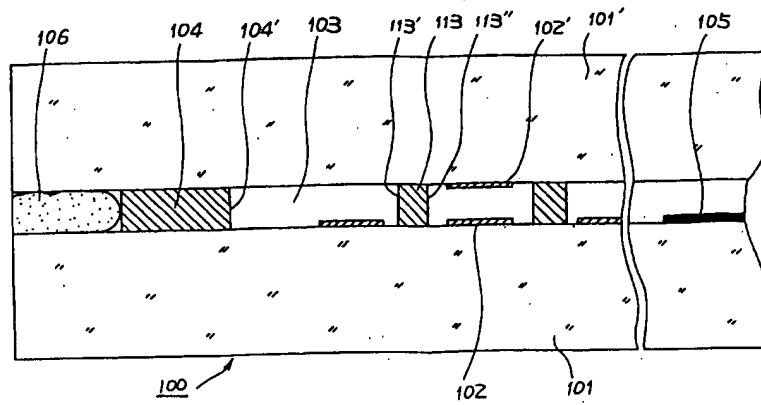
第7図



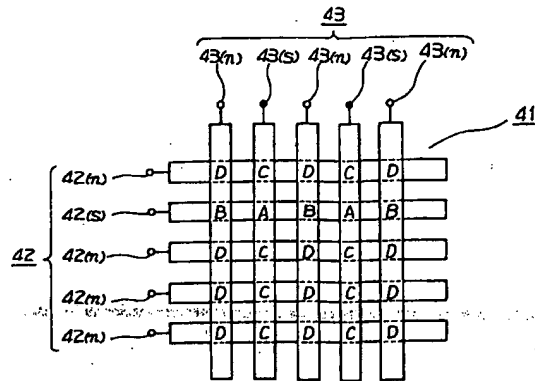
第8図



第9図



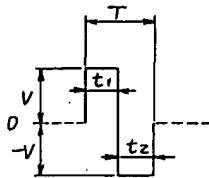
第10図



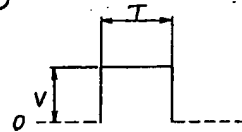
第11図

第12図

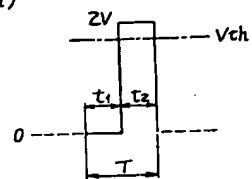
(a)



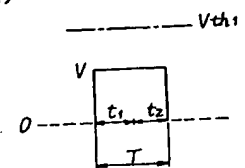
(c)



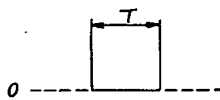
(a)



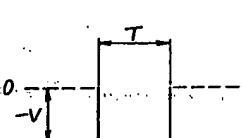
(c)



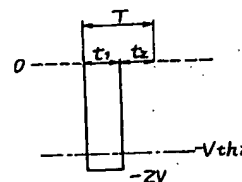
(b)



(d)



(b)



(d)

